

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA CIVIL

EDVIN CORDOBA MELO

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DA PINTURA DE CAL COM ADIÇÃO DE  
PÓ DE VIDRO EM EDIFICAÇÕES**

DOURADOS – MS  
2019

EDVIN CORDOBA MELO

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DA PINTURA DE CAL COM ADIÇÃO DE  
PÓ DE VIDRO EM EDIFICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso, em formato de Artigo Científico, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil no Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Me. Filipe Bittencourt Figueiredo.

DOURADOS – MS

2019

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DA PINTURA DE CAL COM ADIÇÃO DE PÓ DE VIDRO EM EDIFICAÇÕES**

Edvin Cordoba Melo<sup>1</sup>; Filipe Bittencourt Figueiredo<sup>2</sup>  
edvincm@gmail.com<sup>1</sup>; FILIPEFIGUEIREDO@ufgd.edu.br<sup>2</sup>;

**RESUMO** - A preocupação com o descarte de resíduos pelas indústrias tem gerado a busca por medidas que reduzam o impacto desses materiais na natureza. A construção civil tem buscado aproveitar esse tipo de material para associar à técnicas já consolidadas para melhorar suas propriedades. Nesse contexto esse trabalho adiciona o pó de vidro a cal para pintura. Foi analisada a influência na variação da temperatura de protótipos pintados com 4 proporções de adição (0%, utilizado como referência, 20%, 40% e 60%) no volume da tinta de cal. Foram medidas as temperaturas internas e externas e comparadas para avaliar a qualidade do conforto térmico proporcionado pelas tintas. Os resultados foram satisfatórios, todas as porcentagens de adição de pó de vidro favoreceram para a diminuição da temperatura interna dos protótipos. Dentre elas se destacou a adição de 60% de pó de vidro que chegou a registrar uma diferença de aproximadamente 1°C na temperatura interna em relação a referência.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Resíduo industrial. Aproveitamento.

**ABSTRACT** - Concern about the disposal of waste by industries have generated the search for measures that reduce the impact of these materials on nature. Civil construction has sought to take advantage of this type of material to associate with techniques already consolidated to improve their properties. In this context this work adds glass dust to lime for painting. The influence on the temperature variation of prototypes painted with 4 addition proportions (0%, used as reference, 20%, 40% and 60%) on lime paint volume was analyzed. Internal and external temperatures were measured and compared to assess the quality of thermal comfort provided by the inks. The results were satisfactory, all percentages of addition of glass dust favored the decrease of the prototype internal temperature. Among them, the highlight was the addition of 60% of glass powder, which registered a difference of approximately 1 ° C in the internal temperature in relation to the reference.

**Keywords:** Thermal comfort. Industrial waste. Harnessing.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil está constantemente inovando de modo a encontrar alternativas sustentáveis para seus materiais e métodos construtivos, e nesse contexto encontra-se a necessidade de dar um emprego para os resíduos que não seja o simples descarte em aterros. Devido ao fato de as indústrias produzirem grande quantidade de resíduos capazes de poluir o meio ambiente, a utilização deles na construção torna-se vantajosa ao potencializar determinadas propriedades dos materiais, além de dar uma destinação correta aos resíduos. Nesta conjuntura, o vidro se destaca por ser um material 100% reciclável e possuir aplicação em diversas áreas da construção civil devido as suas propriedades.

Segundo CEMPRE, Consórcio Empresarial para Reciclagem (2011), o vidro não é biodegradável, nem combustível, e se funde a 1500 °C, transformando-se em cinzas. O seu efeito abrasivo pode causar problemas aos fornos e equipamentos de transporte. Assim, a alternativa mais utilizada atualmente é o descarte em aterros sanitários. Esse tipo de descarte não é o mais adequado, já que o vidro vai se acumulando, diminuindo cada vez mais a capacidade dos aterros sanitários.

De acordo com Ferrari e Jorge (2010), o vidro é um óxido metálico super-resfriado transparente, inerte e biologicamente inativo, de elevada dureza, com baixa porosidade, absorvidade, dilatação e condutibilidade térmica, suportando pressões de 5800 a 10800 kg/cm<sup>2</sup>. Portanto, é um potencial resíduo a ser utilizado na construção civil devido as suas propriedades físicas e a quantidade de material disponível.

Dentre os materiais utilizados na construção civil, a cal se destaca por ser um material de baixo custo, fácil aplicação e boa resistência a agentes externos. Segundo a norma BS EN 459-1:2010 a cal pode ser definida como material composto de óxido de cálcio e/ou hidróxido, e óxido de cálcio-magnésio e/ou hidróxido produzido pela decomposição térmica (calcinação) da ocorrência natural do carbonato de cálcio (por exemplo calcário, giz, concha) ou ocorrência natural do carbonato de cálcio magnésio (por exemplo calcário dolomítico, dolomita).

Segundo Uemoto (2002) o leite de cal, mistura de água e cal em pó, por ser uma suspensão aquosa, não libera produtos orgânicos voláteis, não possui solventes orgânicos, baixa toxicidade e não polui o meio ambiente. Segundo Voitille (2014) a pintura com cal resistente aos raios UV, às agressões alcalinas e aos demais poluentes. Isso mostra que a utilização da cal para pintura possui diversas vantagens que podem ser aliadas ao reaproveitamento de resíduos indústrias, como o vidro, potencializando as propriedades do produto.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Esse artigo tem como objetivo avaliar o conforto térmico de protótipos de edificações pintadas com cal de pintura com adição de pó de vidro, peneirado na peneira #200, em volume em quatro porcentagens (0, 20, 40 e 60%).

### **2.2 Específicos**

Os objetivos específicos a serem realizados são:

- Demonstrar qual a melhor porcentagem de adição;
- Analisar o conforto térmico dos protótipos.

## **3 JUSTIFICATIVA**

De acordo com Luz e Ribeiro (2008), o pó de vidro é um resíduo industrial inerte, no entanto, quando levado aos rios pode aumentar o pH e a turbidez das águas. Isso demonstra que esse material traz riscos para o meio ambiente se for depositado inadequadamente.

Atualmente, quando o material não é reciclado, a melhor forma de descarte é o depósito dos resíduos em aterros sanitários, todavia, sabe-se que esse material leva 4000 anos para se decompor (Instituto Brasileiro de Engenharia, Arquitetura e Proteção Ambiental, s.a), sendo acumulado nos aterros, diminuindo a capacidade dos mesmos.

Em contrapartida, a indústria da construção civil busca por materiais e sistemas construtivos que garantam um conforto térmico cada vez melhor para as edificações. Devido ao aquecimento global, as variações de temperaturas se intensificaram e com isso a necessidade de melhorar a qualidade dos materiais para garantirem o conforto térmico adequado.

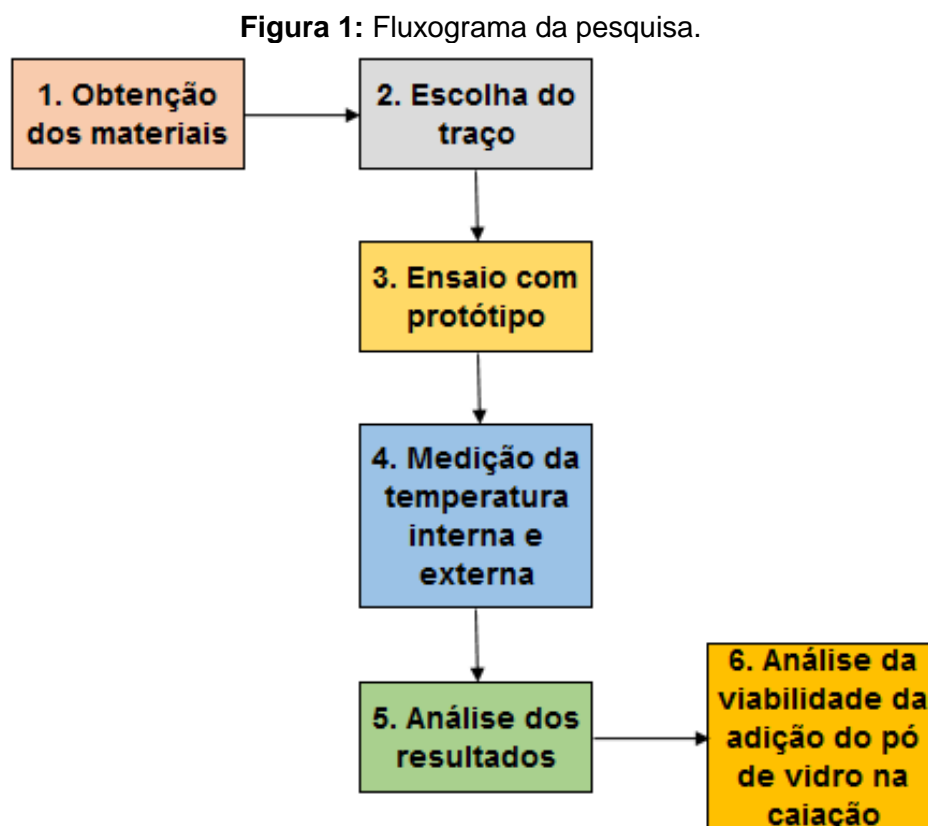
Segundo o relatório especial do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas, IPCC, (2018), a temperatura média global aumentou cerca de 1,5°C desde a revolução industrial no século passado devido ao aquecimento global. O Brasil, um país com alta incidência de raios solares e temperaturas médias altas, sofre grande impacto com essa variação de temperatura.

Nesse contexto, melhorar o conforto térmico das edificações faz-se necessário, sendo a adição de vidro na cal de pintura uma alternativa a ser estudada como uma solução para o problema citado, potencializando a proteção térmica nas edificações, além de dar uma destinação adequada para esse resíduo.

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa baseou-se no estudo experimental que avalia tecnicamente os efeitos sobre o objeto de estudo em um ambiente controlado em que se pode observar os fatores que influenciam (PRAÇA, 2015). Desta maneira, foram analisadas as propriedades do vidro e seu comportamento junto a cal de pintura utilizando protótipos revestidos nas laterais e no telhado. Os ensaios realizados adicionando o vidro à cal foram comparados com o modelo sem adição, fabricados e colocados nas mesmas condições.

Segundo Lakatos e Marconi (2003), após ter tomado a decisão da realização da pesquisa é necessário elaborar um esquema que poderá se modificar ou não e que facilite a viabilidade. O esquema tem como função auxiliar na condução de uma abordagem mais objetiva, e dar uma ordem cronológica ao trabalho. Assim, o fluxograma da Figura 1 mostra como se procedeu a metodologia desse trabalho:



Fonte: Autor, (2019).

### 4.1 Obtenção dos materiais

Os materiais utilizados foram escolhidos considerando sua vasta utilização na região de Dourados-MS e a facilidade de seu acesso. A relação de materiais utilizados:

- Bloco cerâmico de 8 furos;
- Cimento CP II – E 32;
- Água;
- Areia;

- Telha fibrocimento 6 mm;
- Cal CH III;
- Cal para pintura;
- Pó de vidro.

O resíduo foi obtido em uma empresa de vidro da cidade de Dourados-MS.

#### 4.2 Ensaio

Para a realização do ensaio prático de conforto térmico foram construídos 4 protótipos localizados na Universidade Federal da Grande Dourados, atrás do bloco da FACET (Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia).

Na Figura 2 pode-se visualizar a planta de situação do local onde foram instalados os protótipos, região hachurada.

**Figura 2:** Planta de situação da instalação dos protótipos.

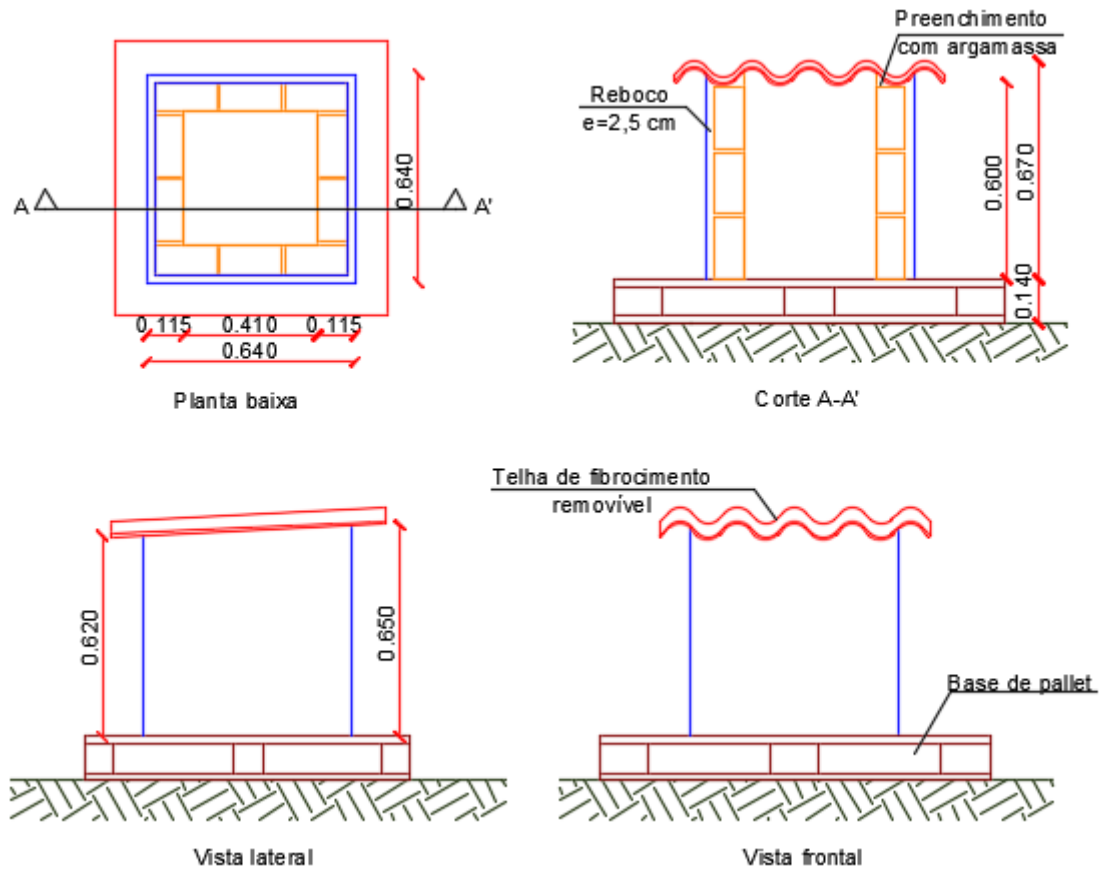


Fonte: Adaptado de Googlemaps (2019).

Os protótipos foram construídos da mesma forma, igualmente espaçados entre si, sobre um pallet que tinha função de garantir uma superfície lisa e plana. Foi construída uma base quadrada de alvenaria de 64x64cm e utilizou-se telha de fibrocimento de 6mm com inclinação de 5%.

A Figura 3 tem um esquema com as dimensões do protótipo vistas e um corte para a construção do mesmo.

**Figura 3:** Esquema com as dimensões, em metros, para a construção do protótipo.



Fonte: Autor, (2019).

O pó de vidro foi seco e peneirado na peneira de malha 0,075 mm (#200). As paredes dos protótipos foram revestidas externamente com cal para pintura em diferentes porcentagens de adição, em volume, do pó de vidro, como descrito no Quadro 1 abaixo.

**Quadro 1:** Adição de pó de vidro para cada protótipo.

| Protótipo | Inserção |
|-----------|----------|
| P0        | 0%       |
| P20       | 20%      |
| P40       | 40%      |
| P60       | 60%      |

Fonte: Autor, (2019).

A telha de fibrocimento foi pintada na face externa pela mesma tinta utilizada nos modelos. As temperaturas internas e externas foram medidas por meio de uma câmera termográfica (Figura 4).



**Figura 4:** Câmera térmica FLIR modelo E50.



Fonte: Autor, (2019).

As medições foram definidas em 3 horários, às 8:00, às 12:00 e às 16:00 durante 7 dias. Os dados coletados foram colocados em um quadro como mostra o modelo abaixo (Quadro 2). Para cada parede foram medidos 3 pontos, tanto externa, quanto interna, assim como para a telha.

**Quadro 2:** Modelo de documento a ser preenchido com os dados coletados.

| Relatório das medições de temperatura diárias |  |         |  |              |  |                   |  |  |  |       |  |
|---|--|---------|--|--------------|--|-------------------|--|--|--|-------|--|
| Data  |  | Horário |  | Tempo        |  |                   |  |  |  |       |  |
| Temperatura ambiente                          |  |         |  | Observações: |  |                   |  |  |  |       |  |
| 0% PÓ DE VIDRO                                |  |         |  |              |  |                   |  |  |  |       |  |
| Temperatura em °C                             |  |         |  | MÉDIA        |  | Temperatura em °C |  |  |  | MÉDIA |  |
| TELHA   |  |         |  |              |  | TELHA INT         |  |  |  |       |  |
| PE1   |  |         |  |              |  | P11               |  |  |  |       |  |
| PE2   |  |         |  |              |  | P12               |  |  |  |       |  |
| PE3   |  |         |  |              |  | P13               |  |  |  |       |  |
| PE4   |  |         |  |              |  | P14               |  |  |  |       |  |
|   |  |         |  |              |  | PISO              |  |  |  |       |  |

Fonte: Autor, (2019).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Quadro 3 é apresentado as quantidades de material utilizado em cada demão de pintura para cada porcentagem de adição de pó de vidro.

**Quadro 3:** Composição da pintura dos protótipos.

| Protótipo | Pó de vidro (L) | Cal (Kg) | Água (L) |
|-----------|-----------------|----------|----------|
| P0        | 0,00            | 0,53     | 1,00     |
| P20       | 0,24            | 0,53     | 1,00     |
| P40       | 0,48            | 0,53     | 1,00     |
| P60       | 0,72            | 0,53     | 1,00     |

Fonte: Autor, (2019).

As quantidades de cal e água foram utilizadas de acordo com o recomendado pelo fabricante da cal de pintura.

Após 5 minutos da pintura da primeira demão tirou-se fotos (Figura 5) para comparar a interferência do pó de vidro na secagem da tinta, assim como, em relação ao protótipo P0 (0% pó de vidro).

**Figura 5:** Protótipos após 5 minutos da primeira demão.



Fonte: Autor, (2019).

Observou-se que quanto maior a adição de pó de vidro a cal mais rápido o material apresenta um aspecto de seco. E também foi possível constatar quanto maior a adição de pó de vidro maior a dificuldade da aplicação devido ao aumento da viscosidade da solução.

Na Figura 6, as fotos dos protótipos após receberem a segunda demão de tinta.

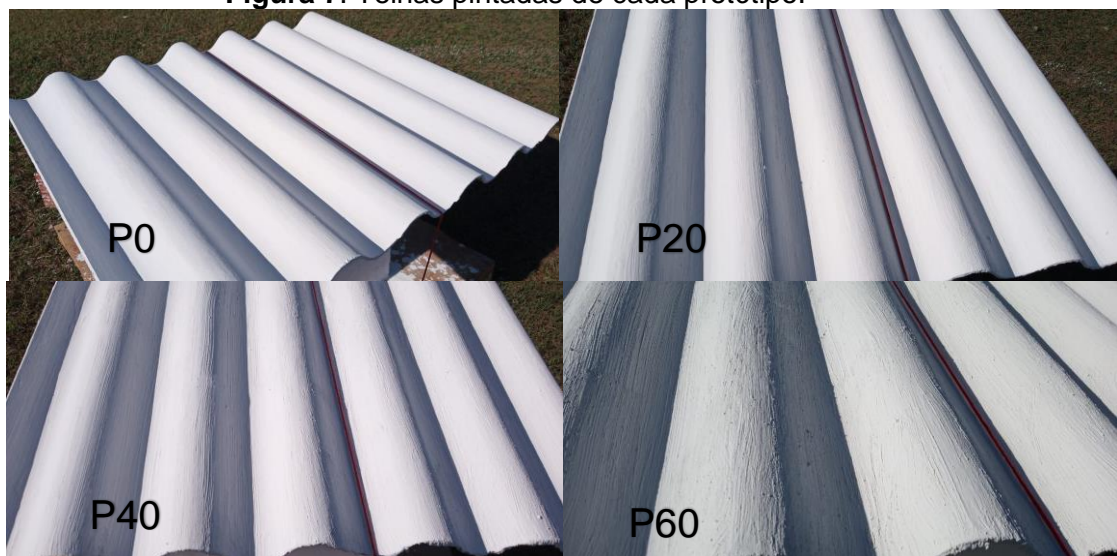
**Figura 6:** Protótipos após 5 min da segunda demão de tinta.



Fonte: Autor, (2019).

Na segunda demão a dificuldade na trabalhabilidade da pintura utilizando a brocha se apresentou principalmente no protótipo P60. Quanto ao acabamento liso, foi observado que o P0 e P20 obtiveram resultados melhores em relação ao P40 e P60 (Figura 7).

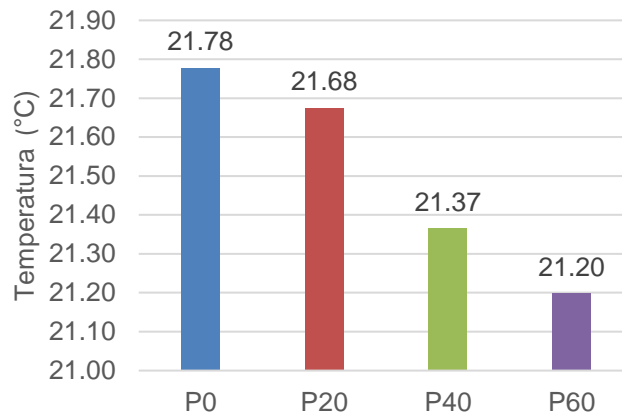
**Figura 7:** Telhas pintadas de cada protótipo.



Fonte: Autor, (2019).

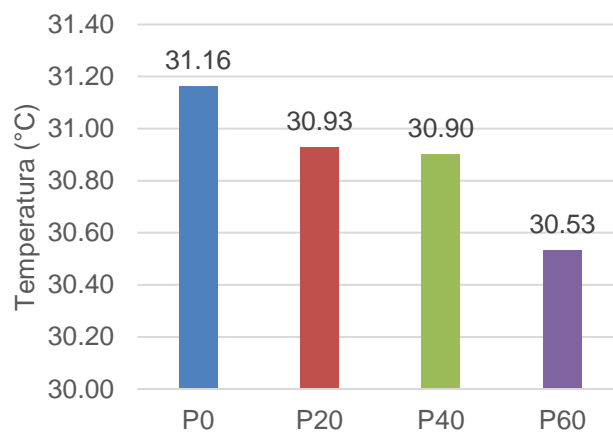
Os dados obtidos nas medições internas diárias foram analisados e demonstrados através dos gráficos (Figura 8, 9 e 10), que foram separados por período de medição e representam a média dos valores dos dias medidos.

**Figura 8:** Gráfico da temperatura interna média, em °C, às 8 horas da manhã dos 7 dias de medições.



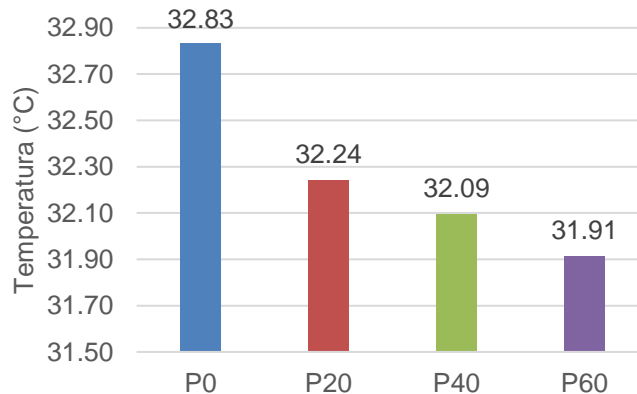
Fonte: Autor, (2019).

**Figura 9:** Gráfico da temperatura interna média, em °C, às 12 horas dos 7 dias de medições.



Fonte: Autor, (2019).

**Figura 10:** Gráfico da temperatura interna média, em °C, às 16 horas dos 7 dias de medições.

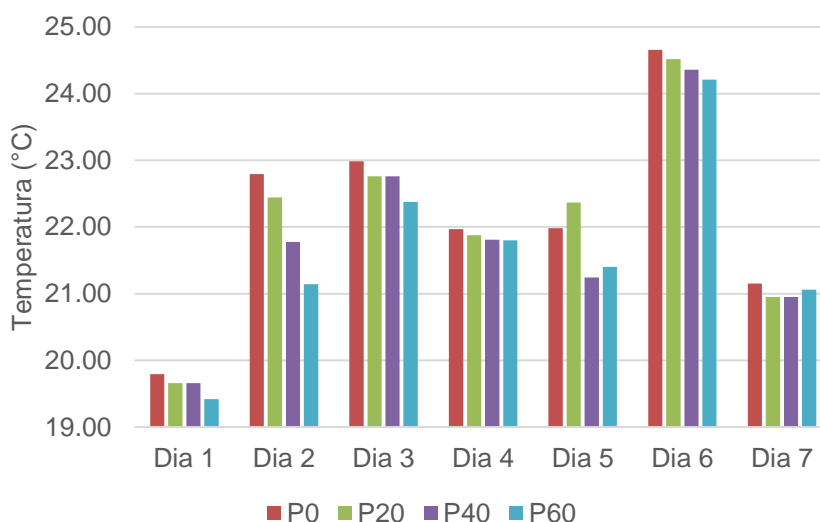


Fonte: Autor, (2019).

É possível observar que nos três períodos houve um decréscimo na temperatura interna dos protótipos à medida que se adicionou maior porcentagem de pó de vidro na composição da caiação. No período da manhã, a variação de temperatura em relação ao protótipo P0 diminuiu gradativamente, iniciando em uma diferença de 0,10°C no P20, 0,41°C, no P40 e chegou a 0,58 °C no P60. Já no período do meio-dia essa variação foi maior que no período anterior, P20 foi de 0,23°C, para o P40 de 0,26°C e P60 atingiu 0,63 °C. Para o último período do dia houve uma variação ainda maior da temperatura, com 0,59°C para o P20, 0,74°C para o P40 e 0,92 ° C para o P60 que foi a maior diferença em relação ao P0.

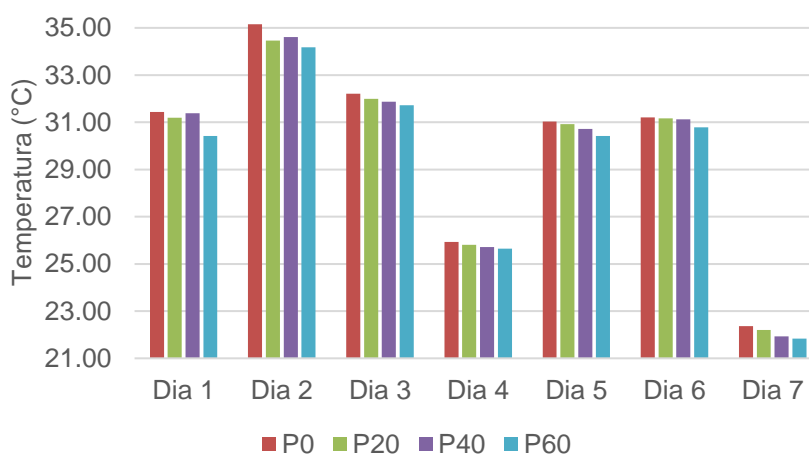
Analisou-se as médias das temperaturas diárias em cada período e seus valores foram expressos em forma de gráficos (Figura 11, 12 e 13) para melhor visualização.

**Figura 11:** Gráfico da temperatura interna diária, em °C, às 8 horas.



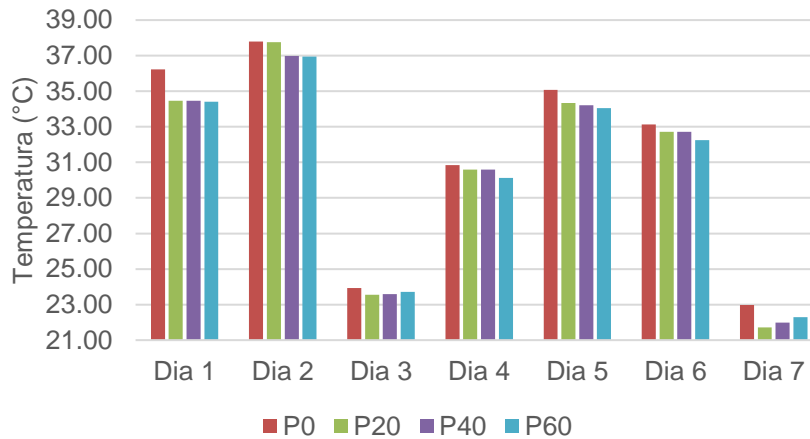
Fonte: Autor, (2019).

**Figura 12:** Gráfico da temperatura interna diária, em °C, às 12 horas.



Fonte: Autor, (2019).

**Figura 13:** Gráfico da temperatura interna diária, °C, às 16 horas.

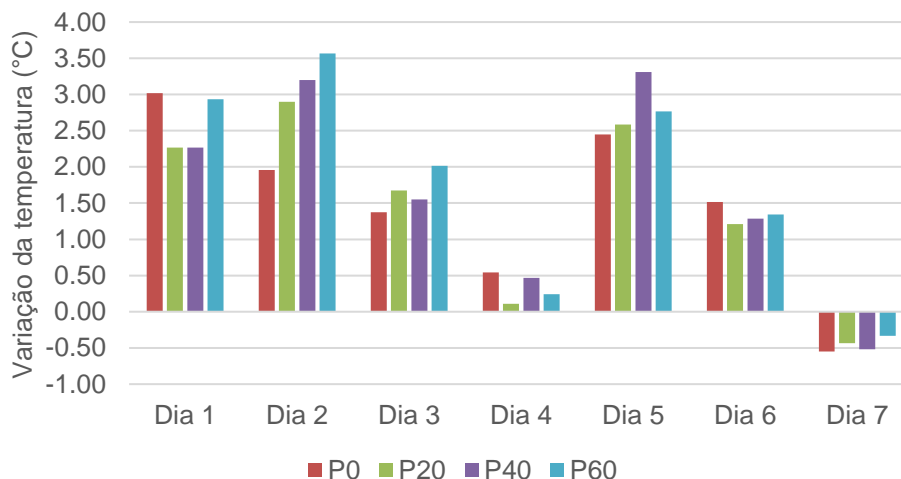


Fonte: Autor, (2019).

Foi possível observar que as temperaturas internas dos protótipos com pó de vidro possuem uma menor temperatura. No período da manhã, os dados possuíram algumas variações devido ao fato de sofrerem a influência das condições climáticas do período noturno. Já para os outros dois períodos, as temperaturas apresentaram um padrão em que a temperatura decresce à medida que se acrescenta pó de vidro na caiação. Esse padrão só não é visto no período da tarde do sétimo dia.

Analisou-se a variação da temperatura externa e interna dos protótipos nos períodos medidos e seus valores foram organizados por meio de gráficos para melhor entendimento. (Figura 14, 15 e 16).

**Figura 14:** Gráfico da variação da temperatura externa e interna, em °C, às 8 horas.

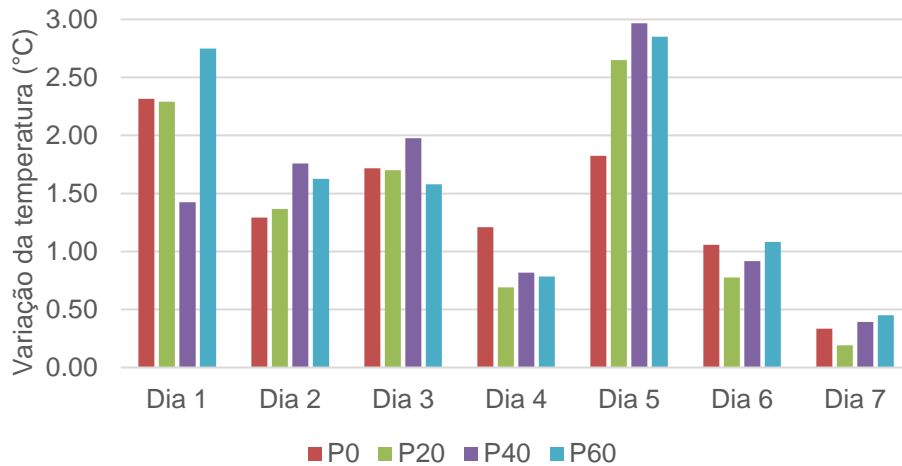


Fonte: Autor, (2019).

Quanto a variação da temperatura medida é possível observar na Figura 14 que no primeiro dia, no quarto e no sexto o protótipo P0 obteve maior amplitude. Já no segundo e terceiro dia o P60 possuiu a maior variação. No quarto dia os valores foram menores que

os outros dias devido as condições climáticas, pois estava nublado. No sétimo dia, a temperatura interna superou a externa devido as condições climáticas que também interferiram nos resultados já que havia chovido na noite anterior e estava nublado no momento da medição.

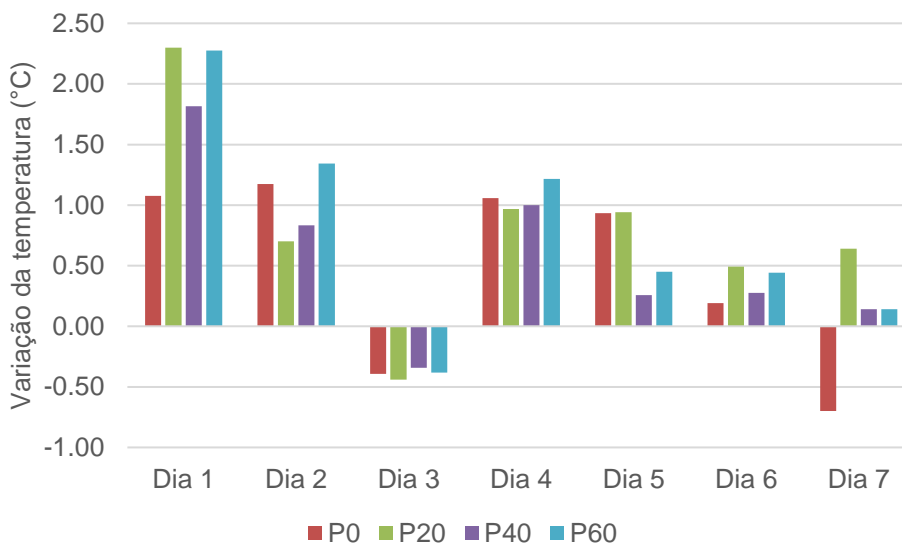
**Figura 15:** Gráfico da variação de temperatura externa e interna, em °C, às 12 horas.



Fonte: Autor, (2019)

Na Figura 15, o comportamento é diferente do período anterior. Somente no quarto dia o P0 apresentava maior variação de temperatura. Nos outros dias houve uma alternância entre os protótipos com pó de vidro. Diferente do período anterior, no sétimo dia a variação se tornou positiva, ou seja, a temperatura externa maior que a interna.

**Figura 16:** Gráfico da variação de temperatura externa e interna, em °C, às 16 horas.



Fonte: Autor, (2019)

Nesse último período (Figura 16), apenas no sétimo dia houve maior variação do P0 devido às chuvas ocorridas durante o dia. No terceiro dia os protótipos apresentaram

valores negativos, ou seja, a temperatura interna maior que a externa por causa da chuva momentos antes de efetuar as medições.

Observou-se que o pó de vidro tem influência na variação da temperatura principalmente nos dias que se apresentaram com intensa insolação. Também se observou que as trocas de calor entre os ambientes internos e externos nos protótipos com pó de vidro é menor em relação a referência.

## 6 CONCLUSÃO

Baseado no resultado foi possível observar que a adição de pó de vidro na cal para pintura melhora o conforto térmico das edificações. Quanto a análise visual, a adição de 20% de pó de vidro se tornou a melhor opção devido a seu acabamento. Para a adição de 40 e 60% é necessário fazer a aplicação com rolos ou pincéis devido a viscosidade da tinta.

Quanto a manutenção do conforto térmico, no geral, o protótipo P60 apresentou as temperaturas mais baixas em relação aos demais. Na análise constatou-se que o P60 variou mais de 0,50 graus em relação a referência. Associando a tinta com adição de pó de vidro a outros materiais de revestimentos internos pode-se obter resultados ainda melhores no conforto térmico de edificações.

Os protótipos com pó de vidro na composição da caiação apresentaram bom desempenho em relação ao P0 quanto a variação da temperatura externa em relação a interna. Isso mostra que o material interfere nas trocas de calor para o meio interno e gera a necessidade de apresentar estudos mais aprofundados sobre a utilização desse resíduo na construção civil principalmente para a adição em tintas acrílicas.

Utilizar o pó de vidro na pintura com cal é uma possibilidade benéfica ao meio ambiente já que esse resíduo não é degradável e é descartado em aterros, além de agregar no aumento do conforto térmico.

Segue como sugestão para trabalhos futuros:

- Utilizar o pó de vidro em tinta acrílica;
- Adicionar outras granulometrias do pó de vidro para que seja feita uma análise de qual a melhor granulometria para a adição;
- Fazer ensaios mais específicos como o de envelhecimento, e de espectrofotometria.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por tudo que aconteceu em minha vida. Em segundo a minha família e amigos pelo apoio durante todo o período de graduação. Agradeço a Ana Flávia por me auxiliar no desenvolvimento desse trabalho, a sua ajuda foi



imprescindível. Agradeço a Universidade e todos os professores que tive contato na graduação, em especial, o meu orientador Prof. Filipe, seu apoio e ensinamentos foram importantes na minha formação acadêmica e profissional.

## REFERÊNCIAS

BRITISH STANDART. **BS EN 459-1** - Building lime Part 1: Definitions, specifications and conformity criteria. 2010.

CEMPRE. **Consórcio Empresarial para Reciclagem**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigopublicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>>. Acessado em 1 de março de 2019.

FERRARI, G.; JORGE, J. **Materiais e Tecnologias**. São Paulo: Universidade Bandeirantes. P22. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAcdUAL/apostila-materiaistecnologias?part=3>>. Acesso em 1 março de 2019.

GOOGLEMAPS, **Localização do bloco FACET-UFGD**. 2019. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/FACET++Faculdade+de+Ci%C3%A2ncias+Exatas+e+Tecnologia++UFGD+II/@-22.1945575,-54.9337722,11m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x9489adc6ca6283ef:0xab367ee04ede8e26!8m2!3d-22.1947208!4d-54.9334812>. Acesso em 1 março de 2019

IBEA. **Reciclagem**. [s.d.] Disponível em <[https://www.ibea.org.br/meio\\_ambiente.html](https://www.ibea.org.br/meio_ambiente.html)> Acesso em 1 de novembro de 2019.

IPCC. **Global Warming of 1.5 °C**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/sr15/>> Acesso em 01 de março de 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa / pesquisa bibliográfica/ teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso**. 5ª edição, SÃO PAULO: Atlas, 2003.

LUZ, A.P.; RIBEIRO, S. **Uso de pó de vidro como fundente para produção de grês porcelanato**. Revista Matéria, v. 13, n. 1, pp. 96 – 103, 2008.

PRAÇA, Fabíola S. G. **Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão**. Revista Eletrônica “Diálogos Acadêmicos” (ISSN: 0486-6266), G. 08, nº 1, p. 72-87, JAN-JUL, 2015. Disponível em <[http://uniesp.edu.br/sites/\\_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf](http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf)> Acesso em 1 de novembro de 2019

UEMOTO, Kai Loh. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. (Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras). São Paulo: O Nome da Rosa. 2002.

VOITILLE, Nadine. **Pintura com Cal**. 2014. Disponível em: <<https://www.cliquearquitectura.com.br/artigo/pintura-com-cal.html>> Acesso em 22 de outubro de 2019.